

**PART A / BAHAGIAN A**

- (1). (a). Give examples of synthetic and natural rubbers. Elaborate the stress-strain behaviour and tear resistance of the mentioned rubbers. Use relevant sketches and discuss the changes of molecular level during deformation.

*Berikan contoh-contoh getah sintetik dan asli. Huraikan perlakuan tegasan-terikan dan ketahanan koyakan bagi getah-getah tersebut. Gunakan lakaran yang relevan dan bincangkan perubahan molecular semasa deformasi.*

(8 marks/markah)

- (b). An ideal elastic rubber having a bar shape containing  $3.76 \times 10^{20}$  chains between the crosslinks, being extended uniaxially at 25 and 50°C, until the length reaches 100%. Assuming the Gaussian network, calculate the heat gained or lost at both temperatures.

*Getah ideal elastik mempunyai bentuk bar yang mengandungi  $3.76 \times 10^{20}$  rantaian antara sambung silang, dipanjangkan dalam satu arah secara sekata pada suhu 25 and 50°C sehingga panjangnya mencapai 100%. Andaikan rangkaian Gaussian, kirakan haba yang diperolehi atau hilang pada kedua-dua suhu.*

(12 marks/markah)

...3/-

- (2). You have received polycarbonate (PC) plate samples from a customer in the form of rectangular bars. The samples were cut and subjected to three-point bending tests at 27°C. The customer requested to calculate all the requirement as below, if PC has a fracture energy of 1.5 kJ m<sup>-2</sup> under plane stress condition.

*Anda menerima sampel polikarbonat (PC) berbentuk segi empat daripada pelanggan. Sampel tersebut telah dipotong dan dikenakan ujian pembengkokan 3-titik pada 27°C. Pelanggan meminta agar anda mengira semua keperluan seperti tercatat dibawah, sekiranya PC mempunyai tenaga rekahan setinggi 1.5 kJ m<sup>-2</sup> di bawah keadaan tegasan satah.*

- (i). The fracture energy and fracture toughness under plane strain conditions.

*Tenaga rekahan dan keliatan rekahan di bawah keadaan terikan satah.*

(4 marks/markah)

- (ii). The force needed to fracture the bar when the sample has a central edge crack of length of 5 mm.

*Daya yang diperlukan untuk mematahkan sampel yang mempunyai retak di tengah yang berukuran 5 mm.*

(4 marks/markah)

...4/-

- (iii). The minimum crack length to initiate brittle fracture before yield.

*Nilai minimum panjang retak untuk memulakan rekahan rapuh sebelum berlakunya alah.*

(4 marks/markah)

- (iv). Prove that the radius of plastic zone under plane strain condition is smaller than that under plane stress condition.

*Buktikan jejari zon plastik di bawah keadaan terikan satah adalah lebih kecil daripada jejari di bawah keadaan tegasan satah.*

(4 marks/markah)

...5/-

- (v). Estimate the critical length of a crack for a wide plate stressed at mean stress of  $15\text{MNm}^{-2}$ .

*Panjang kritik bagi retak untuk plat yang lebar yang dikenakan tegasan min  $15\text{MNm}^{-2}$ .*

*Given/Diberi:*

Thickness of sample/*Ketebalan sampel* = 5mm

Width of sample/*Kelebaran sampel* = 10mm

Span to width ratio/*Nisbah span ke lebar* = 8

Shear modulus at  $27^\circ\text{C}$ /*Modulus rich pada  $27^\circ\text{C}$*  =  $1.14\text{ G Nm}^{-2}$

Yield stress/*Tegasan alah* =  $67\text{ MNm}^{-2}$

Poisson's ratio/*Nisbah Poison* = 0.4

Sample geometrical correction factor is given by

*Faktor pembetulan geometri sampel diberikan oleh:*

$$Y = 1.11 - 1.55 (a/W) + 7.71 (a/W)^2 - 13.5 (a/W)^3 + 14.2 (a/W)^4$$

(4 marks/*markah*)

- (3). (a). Atactic polystyrene (PS) having a glass transition temperature ( $T_g$ ) of  $98^\circ\text{C}$  approximating a Maxwell model in a stress relaxation experiment with an initial stress of 35 MPa. Sketch and elaborate the response of PS at room temperature with an aid of structural diagram.

...6/-

*Polisterina atatik mempunyai suhu peralihan kaca ( $T_g$ ) bernilai  $98^\circ\text{C}$  menghampiri model Maxwell dalam satu eksperimen pengenduran tegaran dengan nilai tegaran asal 35 MPa. Lakar dan huraikan respon PS pada suhu bilik dengan bantuan gambarajah struktur.*

(10 marks/markah)

- (b). With the aid of illustration, explain how the hydrostatic pressure and type of testing can influence the yield behaviour of glassy polymer. Elaborate **ONE (1)** example to justify your explanation.

*Dengan bantuan ilustrasi,, terangkan bagaimana tekanan hidrostatik dan jenis ujian dapat mempengaruhi tingkah laku hasil dari polimer kaca. Huraikan **SATU (1)** contoh untuk menjelaskan keterangan anda.*

(10 marks/markah)

...7/-

**PART B / BAHAGIAN B**

- (4). (a). The tensile creep compliance of an injection molding grade polypropylene at 35°C is

*Komplian krip tegasan bagi polipropilena gred acuan suntikan pada suhu 35°C adalah*

$$J(t) = (1.2t^{0.2}) \text{ GPa}^{-1}$$

Given that  $J(t)$  exhibits time-temperature superposition and obeys the Arrhenius equation with  $\Delta H = 165 \text{ kJ/mol}$ , estimate the tensile creep compliance of polypropylene at 65 and 80 °C.

*Diberi  $J(t)$  memaparkan ciri superposisi masa-suhu dan mengikuti persamaan Arrhenius dengan nilai  $\Delta H = 165 \text{ kJ/mol}$ , anggarkan nilai bagi komplian krip tegasan bagi polipropilena pada suhu 65 dan 80°C.*

(10 marks/markah)

- (b). Sketch the diagram of strain response over time based on the Boltzmann's superposition principle, then elaborate the diagram using the relevant equations.

*Lakarkan rajah respon terikan berlandaskan masa berdasarkan prinsipal 'Boltzmann's superposition', kemudian huraikan lakaran tersebut dengan menggunakan persamaan yang relevan.*

(10 marks/markah)

...8/-

- (5). (a). A physically crosslinked synthetic rubber has a crosslink network of  $RMM = 5 \times 10^4$  for each chain, and the sample density is  $965 \text{ kgm}^{-3}$ . Calculate the shear modulus at freezing point. Then, deduce the correlation between crosslinking network with the modulus value of synthetic rubber and natural rubber.

*Getah sintetik yang disambung silang secara fizikal mempunyai rangkaian sambung silang yang bernilai setiap satunya dengan  $RMM = 5 \times 10^4$ , yang berketumpatan is  $965 \text{ kgm}^{-3}$ . Kirakan nilai modulus ricih pada takat beku. Kemudian, buat deduksi yang menyatakan hubungkait antara rangkaian sambung silang dengan nilai modulus getah sintetik dan getah asli tersebut.*

(8 marks/markah)

- (b). With an aid of a diagram and examples, elaborate,
- (i). The crystallization of raw rubber
  - (ii). The crystallization of crosslinked rubber
  - (iii). Thermoelastic effect of rubber
  - (iv). Entropic contribution onto deformed rubber

*Dengan bantuan gambarajah dan contoh-contoh, huraikan,*

- (i). *Penghabluran getah kasar*
- (ii). *Penghabluran getah yang tersambung silang*
- (iii). *Kesan termoelastik bagi getah*
- (iv). *Sumbangan entropik kepada getah yang berubah bentuk*

(12 marks/markah)

...9/-

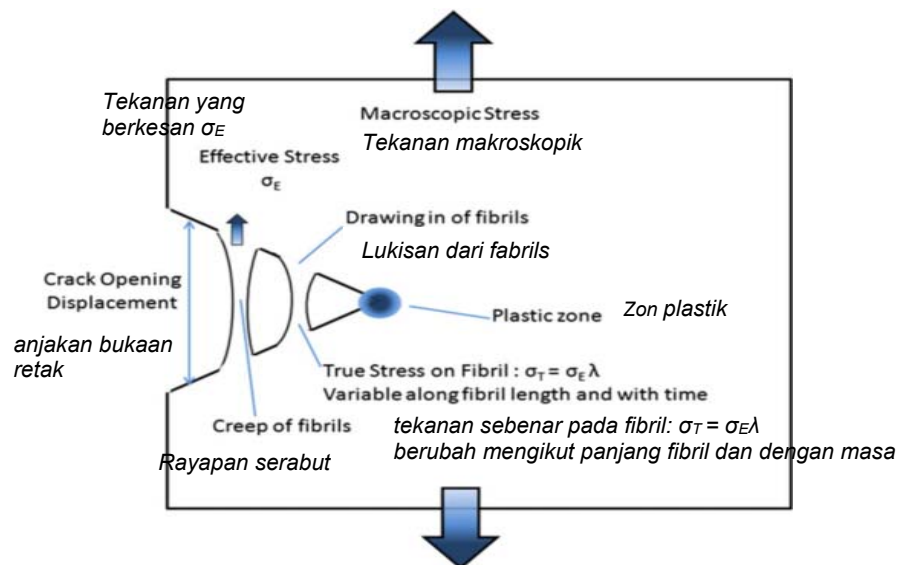
- (6). (a). Explain why values of fracture parameters obtained under plane-strain are of more relevance in designing of polymeric products against failure?

*Jelaskan kenapakah parameter rekahan yang diperolehi di bawah keadaan terikan satah adalah lebih relevan dalam mereka bentuk produk polimer terhadap kegagalan?*

*(7 marks/markah)*

- (b). **Figure 1** shows the macroscopic mechanism of craze-crack and craze propagation.

*Rajah 1 menunjukkan mekanisma makroskopik retak halus dan perambatan retak halus.*



- Figure 1:** Craze-crack and craze propagation represented schematically. The propagation goes from left to right. The principal stress acts in the up-down direction

*Rajah 1 : Retak halus-retak dan perambatan retak halus telah dipamerkan secara skematik. Perambatan telah berlaku dari kiri ke kanan. Tekanan utama bertindak dalam arah atas dan bawah.*

...10/-



Choose suitable example of ONE POLYMER PRODUCT and explain how the macroscopic mechanism in **Figure 1** occurred in your chosen product.

*Pilih contoh SATU PRODUK POLIMER yang bersesuaian dan terangkan bagaimana makroskopik mekanisma dalam **Rajah 1** terjadi pada produk pilihan anda tersebut.*

(13 marks/markah)

- (7). (a). What is the main contribution of the theory proposed by Griffith and Inglis in understanding the fracture property of materials? What is the modification needed in order for the theory to predict the fracture behavior of polymer accurately.

*Apakah sumbangan utama teori yang dikemukakan oleh Griffith dan Inglis dalam memahami sifat rekahan bahan? Apakah pengubahsuaian yang perlu dilakukan untuk membolehkan teori tersebut memberikan ramalan yang lebih tepat terhadap sifat rekahan polimer.*

(10 marks/markah)

- (b). Write a critical comment on the influence of plastic zone on the fracture behaviour of polymers.

*Tuliskan satu komen kritikal berhubung pengaruh zon plastik ke atas kelakuan rekahan polimer.*

(10 marks/markah)